

LASER BEAM IRRADIATING DEVICE

Patent number: JP2004114065

Publication date: 2004-04-15

Inventor: TANIGUCHI KIMIHIRO; INUI TETSUYA

Applicant: SHARP KK

Classification:

- international: B23K26/06; H01L21/268; B23K26/06; H01L21/02; (IPC1-7):
B23K26/06; H01L21/268

- european:

Application number: JP20020278222 20020924

Priority number(s): JP20020278222 20020924

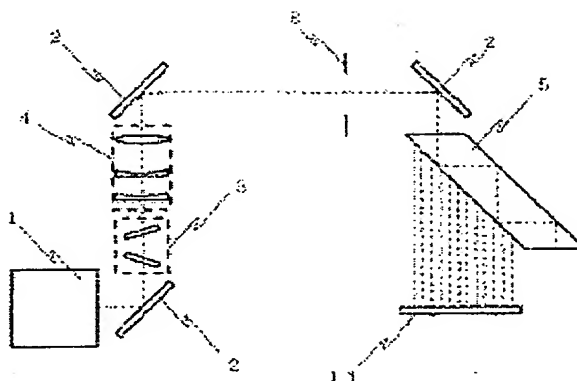
Report a data error here

Abstract of JP2004114065

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the efficiency of utilization of a laser beam, to enlarge irradiation region and to make irradiance distribution of an irradiated surface uniform.

SOLUTION: In a laser beam irradiating device for irradiating a laser beam radiated from a laser beam source 1 to a material 11 to be irradiated through a light guide 5, the light guide 5 has a first surface on which the light from the laser beam source 1 is incident and a second and third surfaces by which the incident laser beam progresses as repeating reflection and a plurality of light emitting parts through which part of the laser beam is emitted to the outside of the light guide are provided on the second or the third surface of the light transmission body 5. By arranging a mask on which a plurality of patterns are provided on the side of the second or the third surface of the light guide 5, the light emitted from each light emitting part is irradiated in respectively different patterns. It is preferable to arrange a uniformized optical device for uniformizing the nonuniform irradiance distribution while maintaining the coherency of the laser beam.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



100

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Family list

1 family member for:

JP2004114065

Derived from 1 application.

[Back to JP2004114065](#)

1 LASER BEAM IRRADIATING DEVICE

Publication info: **JP2004114065 A** - 2004-04-15

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-114065

(P2004-114065A)

(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(51) Int. Cl.⁷B23K 26/06
H01L 21/268

F1

B23K 26/06
H01L 21/268Z
J

テーマコード (参考)

4E068

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2002-278222 (P2002-278222)
(22) 出願日 平成14年9月24日(2002.9.24)(71) 出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(74) 代理人 100078282
弁理士 山本 秀策
(74) 代理人 100062409
弁理士 安村 高明
(74) 代理人 100107489
弁理士 大塩 竹志
(72) 発明者 谷口 仁啓
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
シャープ株式会社内
(72) 発明者 乾 哲也
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
シャープ株式会社内
Fターム(参考) 4E068 CA05 CA08 CD08 CD10

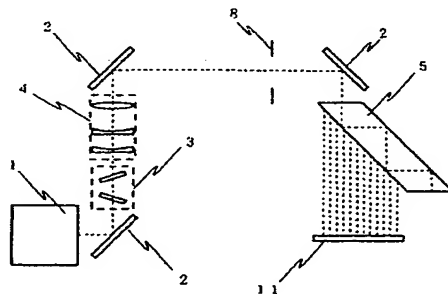
(54) 【発明の名称】 レーザ照射装置

(57) 【要約】

【課題】 レーザ光の利用効率の向上、照射領域の拡大および照射面の放射照度分布の均一化を図る。

【解決手段】 レーザ光源1から出射されるレーザ光を導光体5を介して被照射物11に照射するレーザ照射装置において、導光体5は、レーザ光源1からの光が入射する第一面と、入射されたレーザ光が反射を繰り返しながら進行する第二面および第三面とを有し、第二面もしくは第三面に、レーザ光の一部が導光体の外部へ出射される複数の光出射部が設けられている。また、導光体5の第二面もしくは第三面側に、複数のパターンを設けたマスクを配置して、各光出射部から出射された光がそれぞれ異なるパターンに照射されるようにすることができる。また、レーザ光源1と導光体5との間に、レーザ光のコヒーレンシーを維持したまま不均一な放射照度分布を均一化するための均一化光学素子を配置することが好ましい。

【選択図】 図1



100

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光源から出射されたレーザ光を導光体を介して被照射物に照射するレーザ照射装置であって、

該導光体は、レーザ光が入射する第一面と、レーザ光が反射を繰り返しながら進行するように相互に対向して配置された第二面および第三面とを備え、

該第二面もしくは第三面には、レーザ光の一部を該導光体の外部に出射させる複数の光出射部が設けられているレーザ照射装置。

【請求項 2】

前記光出射部は、該第二面もしくは第三面に対して所定角度で配置された光出射面を有する請求項 1 に記載のレーザ照射装置。 10

【請求項 3】

前記各光出射面は、それぞれが平行になっている請求項 2 に記載のレーザ照射装置。

【請求項 4】

前記導光体の第二面および第三面は、前記光出射部以外の部分が鏡面からなる請求項 1 に記載のレーザ照射装置。

【請求項 5】

前記光出射部は、該導光体内部を進行するレーザ光の進行方向と垂直な方向にストライプ状に配置されている請求項 1 に記載のレーザ照射装置。

【請求項 6】

前記導光体の第二面もしくは第三面側に、複数の光透過部が設けられたマスクが配置され、該導光体の光出射部は、各光出射部から外部に出射されたレーザ光が異なる光透過部を照射するように配置されており、光透過部の像が被照射物上に投影される請求項 1 に記載のレーザ照射装置。 20

【請求項 7】

前記導光体の第二面もしくは第三面は、該導光体内部を進行するレーザ光の寸法に対応した複数の領域に分割され、各領域内の光出射部は、他の領域内の光出射部とは異なる位置に配置されている請求項 1 に記載のレーザ照射装置。

【請求項 8】

前記レーザ光源と前記導光体との間に、レーザ光のコヒーレンシーを維持したまま、レーザ光の不均一な放射照度分布を均一化するための均一化光学素子が配置されている請求項 1 に記載のレーザ照射装置。 30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、各種材料の微細加工、マーキング、トリミング、表面改質などを行うために用いられるレーザ照射装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、プリンタヘッドの微細穴加工をはじめとする微細加工、アモルファスシリコンのアニールなどの表面改質を行うために、各種レーザ照射装置が用いられている。 40

【0003】

図 11 は、従来の代表的なレーザ照射装置の構成を模式的に示す断面図である。

【0004】

このレーザ照射装置 500 は、レーザ光源 1、反射ミラー 2、可変減衰器 3、ビーム整形素子 4、マスク 6、対物レンズ 7、均一照明素子 9 およびフィールドレンズ 10 を有している。

【0005】

レーザ光源 1 から出射されたレーザ光は、反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、可変減衰器 3 によって放射照度が調整された後、エキスパンダ等のビーム整形素子 4 50

によって適切なビームサイズに変換される。その後、反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、均一照明素子 9 によって光の放射照度が均一化されることによって、マスク 6 の有効領域に均一の放射照度で照射されるようになっている。

【 0 0 0 6 】

マスク 6 には、加工形状、表面改質の条件等に応じて、光透過部と非透過部とからなるマスクパターンが予め設けられており、マスク 6 の光透過部を透過したレーザ光は、フィールドレンズ 10 によって集光され、反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、対物レンズ 7 によって被照射物 11 に所定の倍率で結像されるようになっている。

【 0 0 0 7 】

このレーザ照射装置 500 によれば、マスク面に照射されるレーザ光の強度が均一であるため、被照射物 11 に照射されるレーザ光の強度も均一になり、高精度の加工、均質な表面改質などを行うことができる。

【 0 0 0 8 】

図 12 は、図 11 に示すレーザ照射装置に用いられる均一照明素子の構成例を模式的に示す断面図である。

【 0 0 0 9 】

この均一照明素子 9 は、レンズアレイ 9 a および 9 b によってレーザ光を分割し、分割されたレーザ光のそれぞれをレンズ 9 c によって集光して、マスク有効領域 6 d の全体に照射するように構成されている。このように、レンズアレイ 9 a および 9 b によって分割されたレーザ光を、レンズ 9 c によって集光して、同一領域（マスク有効領域 6 d）に重ね合わせることで、光の放射照度が均一化される。

【 0 0 1 0 】

例えば、エキシマレーザの場合には、一般に、レーザ光源 1 から出射されるビームの形状が矩形形状であることから、レンズアレイ 9 a および 9 b としては、互いに直交する方向に配置された 2 組のシリンドリカルレンズアレイを用いるか、または矩形のレンズを縦横に配列したレンズアレイが用いられる。

【 0 0 1 1 】

上記図 11 に示すレーザ照射装置 500 は、マスク面に照射されるレーザ光の放射照度を均一化して、マスク像を被照射物 11 上に結像する構成となっているため、マスク 6 の光透過部の面積によって、レーザ光源 1 から出射されたレーザ光に対して、被照射物 11 上に照射されるレーザ光の割合（光利用効率）が大きく変化する。

【 0 0 1 2 】

一般的に行われているレーザ加工プロセスでは、マスク有効領域 6 d に対する光透過部の割合は数%～20%程度であり、照射光の大部分がマスク 6 に遮られるため、実際に被照射物 11 に照射される光はごく僅かであり、光利用効率は極めて低くなっている。そこで、従来から、レーザ照射装置の光利用効率を向上させるために、種々の方法が提案されている。

【 0 0 1 3 】

例えば、従来、マスクの非透過部を高反射材料にて構成し、かつ、マスク面と対向する位置に反射ミラーを配置したレーザ照射装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。このレーザ照射装置によれば、マスクの非透過部で反射された光を反射ミラーで反射させて再度マスクの光透過部へ導くことによって、これまで利用されていなかった光を積極的に活用して、レーザ光の利用効率を向上することができる。

【 0 0 1 4 】

しかしながら、この従来のレーザ照射装置では、図 12 に示すような均一照明素子 9 を用いても、反射ミラーで反射された光を再度マスクの光透過部に導くため、マスク面に照射されるレーザ光の放射照度は均一にならない。このように、レーザ光源 1 から出射されるレーザ光の放射照度分布に加えて、マスク部で多重反射させることによる光損失が生じるために、被照射物 11 に照射されるレーザ光の放射照度ムラが極めて大きくなり、高精度な加工を行うことができないという問題がある。

【0015】

この問題を解決するために、従来、マスク面と反射ミラーとで多重反射されるレーザ光の反射移動方向に被照射物とマスクとを移動させるレーザ照射装置が知られている（例えば、特許文献2参照）。このレーザ照射装置によれば、マスク部で多重反射されたレーザ光の強度分布が均一でない場合であっても、被照射物とマスクとを移動させることによって、被照射物に照射されるレーザ光の照度ムラを低減することができる。

【0016】

しかしながら、この従来のレーザ照射装置では、同一箇所に極めて多数のレーザパルスを照射することによって加工ムラを低減するためのものであり、数ショットでレーザ照射が完了するものについては、加工ムラを十分に低減することができない。また、被照射物の移動量とマスク6の移動量との誤差によって、加工精度が低下するという問題もある。

【0017】

【特許文献1】

特開平3-210987号公報

【特許文献2】

特開平8-66781号公報

【0018】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、レーザ照射装置の光利用効率を向上させるために、マスクの非透過部を高反射材料にて構成し、かつ、マスク面と対向する位置に反射ミラーを配置した従来のレーザ照射装置では、被照射物に照射されるレーザ光の放射照度ムラが極めて大きくなるため、高精度な加工を行うことができないという問題がある。

【0019】

また、マスク面と反射ミラーとで多重反射されるレーザ光の反射移動方向に被照射物とマスクとを移動させる従来のレーザ照射装置では、数ショットでレーザ照射が完了するものについては、加工ムラを十分に低減することができず、被照射物の移動量とマスクの移動量との誤差によって、加工精度が低下するという問題がある。

【0020】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、レーザ光の利用効率を向上させて加工、表面処理等の効率を向上することが可能であり、さらに、高精度な加工および均質な表面改質等を行うことが可能なレーザ照射装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】

本発明のレーザ照射装置は、レーザ光源から出射されたレーザ光を導光体を介して被照射物に照射するレーザ照射装置であって、該導光体は、レーザ光が入射する第一面と、レーザ光が反射を繰り返しながら進行するように相互に対向して配置された第二面および第三面とを備え、該第二面もしくは第三面には、レーザ光の一部を該導光体の外部に出射させる複数の光出射部が設けられており、そのことにより上記目的が達成される。

【0022】

好ましくは、前記光出射部は、該第二面もしくは第三面に対して所定角度で配置された光出射面を有する。

【0023】

好ましくは、前記各光出射面は、それぞれが平行になっている。

【0024】

好ましくは、前記導光体の第二面および第三面は、前記光出射部以外の部分が鏡面からなる。

【0025】

好ましくは、前記光出射部は、該導光体内部を進行するレーザ光の進行方向と垂直な方向にストライプ状に配置されている。

【0026】

好ましくは、前記導光体の第二面もしくは第三面側に、複数の光透過部が設けられたマスクが配置され、該導光体の光出射部は、各光出射部から外部に出射されたレーザ光が異なる光透過部を照射するように配置されており、光透過部の像が被照射物上に投影される。

【 0 0 2 7 】

好ましくは、前記導光体の第二面もしくは第三面は、該導光体内部を進行するレーザ光の寸法に対応した複数の領域に分割され、各領域内の光出射部は、他の領域内の光出射部とは異なる位置に配置されている。

【 0 0 2 8 】

好ましくは、前記レーザ光源と前記導光体との間に、レーザ光のコヒーレンシーを維持したまま、レーザ光の不均一な放射照度分布を均一化するための均一化光学素子が配置されている。 10

【 0 0 2 9 】

以下に、本発明の作用について説明する。

【 0 0 3 0 】

本発明にあっては、導光体に入射されたレーザ光が第二面と第三面との間で反射を繰り返しながら進行し、光の第二面もしくは第三面に設けられた光出射部から導光体の外部に出射される。レーザ光が第二面と第三面との間で反射を繰り返し、その一部が光出射部で出射されながら進行することによって、光の照射領域面、がレーザ光の進行方向に広げられるため、光の利用効率を向上することができる。

【 0 0 3 1 】

20

また、レーザ光をマスクに照射してマスクの光透過部の像を被照射物に投影するレーザ照射装置では、レーザ光源とマスクとの間に導光体を設けて、光出射部のそれぞれから外部に出射されたレーザ光を、異なるパターンに照射させることによって、マスクの光透過部に有効に光を照射させることができるので、光の照射領域面積を広くすると共に、光の利用効率を向上することができる。

【 0 0 3 2 】

また、第二面もしくは第三面をレーザ光の寸法に対応した複数の領域に分割し、各領域内の光出射部を、他の領域内の光出射部と異なる位置に配置することによって、前の領域で既に出射されたレーザ光部分は光出射部に入射されないため、レーザ光の強度の均一性を向上させることができる。 30

【 0 0 3 3 】

さらに、レーザ光源と導光体との間に、レーザ光のコヒーレンシーを維持したまま、レーザ光の不均一な放射照度分布を均一化するための均一化光学素子を配置することによって、被照射物に照射されるレーザ光の放射照度分布を均一化して、高精度な加工および均質な表面改質などを行うことができる。

【 0 0 3 4 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について、図面に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態において、同じ機能を有する構成部分については、同じ符号を付して説明を省略している。 40

【 0 0 3 5 】

(実施形態 1)

図 1 は、本発明の一実施形態であるレーザ照射装置 100 の構成を模式的に示す断面図である。

【 0 0 3 6 】

このレーザ照射装置 100 は、レーザ光源 1、複数の反射ミラー 2、可変減衰器 3、ビーム整形素子 4、導光体 5 およびアパーチャー 8 を有している。

【 0 0 3 7 】

レーザ光源 1 は、特に限定されるものではなく、YAG レーザに代表される固体レーザ、エキシマレーザなどのレーザ発振器を被照射物 11 に応じて選定することが可能である。 50

本実施形態においては、波長 355 nm の YAG レーザを用いた。

【0038】

反射ミラー 2 は、レーザ光の進行方向を変化させるために用いられる。反射ミラー 2 の配置箇所、数量に制限はなく、レーザ照射装置の光学設計および機構設計に応じて適切に配置することが可能である。

【0039】

可変減衰器 3 は、光照射面に到達するレーザ光の放射照度を調整するために用いられる。また、ビーム整形素子（エキスパンダー）4 は、被照射物 11 に応じて、レーザ光のサイズを調整するために用いられる。なお、可変減衰器 3 およびビーム整形素子 4 は、必要に応じて設置される。

10

【0040】

アパーチャー 8 は、円形形状のレーザ光の一部をマスキングすることによって矩形形状に変換するために用いられる。

【0041】

レーザ照射装置 100 において、レーザ光源（レーザ発振器）1 から出射されたレーザ光は、第 1 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、可変減衰器 3 によって放射照度が調整された後、エキスパンダ等のビーム整形素子 4 によって適切なビームサイズに変換される。その後、第 2 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、アパーチャー 8 によって円形形状のビームが矩形形状に変換され、第 3 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更された後、導光体 5 によって照射領域が広げられて被照射物 11 に照

20

【0042】

図 2 (a) は、本実施形態のレーザ照射装置における導光体の構成を示す斜視図であり、図 2 (b) はその断面図である。

【0043】

この導光体 5 は、図 2 (a) に示すように、扁平な直方体形状となっており、一方の側面がレーザ光が入射される第一面 21 となっている。この第一面 21 は、相互に対向する広い面積の第二面および第三面に対して所定の角度で傾斜している。第二面 22 および第三面 23 は、それぞれ、反射面になっている。第一面 21 から入射されたレーザ光は、第二面 22 および第三面 23 にて反射を繰り返しながら導光体 5 の内部を進行するようになっ

30

【0044】

第二面 22 には、図 2 (b) に示すように、導光体 5 の内部を進行するレーザ光の一部を外に出射する複数の微細な光出射部 25 が設けられている。各光出射部 25 は、第二面 22 に対して所定の角度で傾斜した光出射面 35 を有する凹形状にそれぞれ形成されている。各光出射面 35 は、第二面 22 に対してそれぞれ同じ方向に傾斜されており、導光体 5 の内部を進行するレーザ光の一部が光出射部 25 の各光出射面 35 から導光体 5 の外部に、同方向に出射されるようになっている。

【0045】

また、第一面 21 と対向する第四面 24 は、第一面 21 と平行になっており、第二面から

40

【0046】

以下に、本実施形態で用いられる導光体 5 の形状について、さらに詳しく説明する。

【0047】

図 3 (a) は、導光体に入射されるレーザ光と導光体を構成する面との角度関係、および導光体の内部を進行するレーザ光の進行状態を説明するための断面図であり、図 3 (b) は、図 3 (a) の○で囲んだ部分を示す拡大図であり、図 3 (c) は、図 3 (b) の○で囲んだ部分を示す拡大図である。図 3 (a) にハッチングで示し、図 3 (b) の点線で囲んだ部分が、第一面 21 から入射されて導光体 5 の内部を進行するレーザ光束である。

【0048】

50

第一面 2 1 から入射されたレーザ光が第二面 2 2 および第三面 2 3 で全反射を繰り返しながら導光体 5 の内部を進行するとき、図 3 (b) に示す第一面 2 1 へのレーザ光の入射角 θ_1 、第一面 2 1 における屈折角 θ_2 、第二面 2 2 および第三面 2 3 における反射角 θ_3 、および第一面 2 1 と第二面 2 3 とのなす角 α_1 の間には、スネルの法則 ($n \sin \theta = n' \sin \theta'$) によって、

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

(1)

$$\theta_3 - \theta_2 = \alpha_1$$

(2)

$$\theta_3 > \sin^{-1} (1/n)$$

(3)

の関係が成立する。ここで、 n は導光体 5 の屈折率である。

【0049】

なお、光出射部 2 5 を除く第二面 2 2 および第三面 2 3 は、レーザ光が効率良く反射されるように鏡面としてもよい。この場合には、上記式 (3) を必ずしも満たしている必要はない。

【0050】

また、光出射部 2 5 からレーザ光が出射されるとき、図 3 (c) に示す光出射部 2 5 へのレーザ光の入射角 θ_4 、光出射部 2 5 での屈折角 θ_5 、および光出射部 2 5 の光出射面 3 5 と第二面 2 2 とのなす角 α_2 の間には、

$$\sin \theta_5 = n \sin \theta_4$$

(4)

$$\theta_5 - \theta_4 = \alpha_2$$

(5)

$$\theta_4 < \sin^{-1} (1/n)$$

(6)

の関係が成立する。

【0051】

また、レーザ照射装置 1 0 0 の光路中において、レーザ光が屈折しないことが望ましいため、図 3 (b) に示す第一面 2 1 に入射されるレーザ光と水平面とのなす角 β_1 、および図 3 (c) に示す光出射部 2 5 から出射されるレーザ光と水平面とのなす角 β_2 は、レーザ照射装置の設計および製造の容易性等の観点から、 $\beta_1 = \beta_2$ となっていることが好ましい。従って、

$$90^\circ - (\theta_1 + \alpha_1) = 90^\circ - (\theta_5 + \alpha_2) \quad (7)$$

となる。

【0052】

また、同様に、各光出射部 2 5 の光出射面 3 5 から出射されるレーザ光の出射方向は、レーザ照射装置の設計および製造の容易性等の観点から、同一方向であることが好ましい。従って、各光出射部 2 5 の光出射面 3 5 は、それぞれ、互いに平行であることが好ましい。

【0053】

また、図 3 (b) に示すように、導光体 5 に入射される前のレーザ光の幅を w とすると、第一面 2 1 におけるレーザ光束の幅 w_1 は、

$$w_1 = w / \cos \theta_1$$

(8)

のように表される。また、第二面 2 2 におけるレーザ光束の幅 w_2 は、

$$w_2 = w_1 \cos \theta_2 / \cos (\theta_2 + \alpha_1) \quad (9)$$

$$= w \cos \theta_2 / \cos (\theta_2 + \alpha_1) \cos \theta_1 \quad (10)$$

のように表される。

【 0 0 5 4 】

また、導光体 5 の内部を進行するレーザ光は、第二面 2 2 において重ならないように構成する必要がある。このためには、第二面 2 2 もしくは第三面 2 3 において、レーザ光の中心が距離 w_2 以上離れていることが必要である。この条件は、導光体 5 の厚さを d とすると、

$$2 d \tan \theta_3 > w_2$$

(1 1)

のように表される。

【 0 0 5 5 】

次に、本実施形態の導光体 5 について、さらに具体的な構成を説明する。

10

【 0 0 5 6 】

図 4 (a) は、本実施形態の導光体 5 の構成を示す断面図であり、図 4 (b) は、光出射面 3 5 から出る光の出射方向（すなわち、第二面 2 2 の法線からは 45° 斜め方向）から見た第二面 2 2 の構成を示す図であり、図 4 (c) は、図 4 (b) の拡大図である。

【 0 0 5 7 】

導光体 5 の材料としては、使用するレーザ光の波長に対して透過率の高い材料を使用することが望ましく、本実施形態では、 355 nm の YAG レーザ光に対して、 95% 以上の透過率を有する石英ガラスを用いた。波長 355 nm での石英ガラスの屈折率は 1.48

【 t a s a k i 1 】 であるので、上記式 (3) により、 $\theta_3 > 42.51^\circ$ であればよい。本実施形態において、第一面 2 1 に垂直にレーザ光が入射され、かつ $\alpha_1 = 45^\circ$ とすると、上記式 (1) および上記式 (2) により、 $\theta_1 = 0^\circ$ 、 $\theta_2 = 0^\circ$ 、 $\theta_3 = 45^\circ$ となる。また、 $\alpha_2 = 45^\circ$ とすると、上記式 (4) および上記式 (5) により、 $\theta_4 = 0^\circ$ 、 $\theta_5 = 0^\circ$ となる。このように設定した場合、上記式 (6) および上記式 (7) についても満たされる。

20

【 0 0 5 8 】

また、第一面 2 1 に入射されるレーザ光の幅 w は、レーザ発振器 1 から出射されたレーザ光のサイズをビーム整形素子 4 にて調整し、 $w = 20 \text{ mm}$ とした。この場合、上記式 (8) ~ 上記式 (1 0) により、第一面 2 1 におけるレーザ光の幅 w_1 は $w_1 = 20 \text{ mm}$ となり、第二面 2 2 におけるレーザ光の幅 w_2 は $w_2 = 28.28 \text{ mm}$ となる。上記式 (1 1) により、 $d > 14.14 \text{ mm}$ であればよいので、 $d = 15 \text{ mm}$ とした。なお、本実施形態では第四面 2 4 からレーザ光が導光体 5 の外部に出射されるように構成している。

30

【 0 0 5 9 】

本実施形態の導光体 5 においては、第一面 2 1 から入射したレーザ光が第二面 2 2 および第三面 2 3 で 4 回の全反射を繰り返して導光体 5 の内部を進行するように、導光体 5 のレーザ光進行方向の長さが 120 mm となっている。

【 0 0 6 0 】

また、図 4 (b) に示すように、第二面 2 2 は、第一面から入射されたレーザ光が入射される領域 2 2 a、1 回目に第二面 2 2 および第三面 2 3 で全反射されたレーザ光が再度第二面 2 2 に入射される領域 2 2 b、2 回目に第二面 2 2 および第三面 2 3 で全反射されたレーザ光が再度第二面 2 2 に入射される領域 2 2 c、および 3 回目に第二面 2 2 および第三面 2 3 で全反射されたレーザ光が再度第二面 2 2 に入射される領域 2 2 d の 4 つの領域に分割されており、各領域 2 2 a ~ 2 2 d 内に光出射部 2 5 が設けられている。各領域 2 2 a ~ 2 2 d のレーザ光の進行方向の間隔 A は $A = d / \sin \theta_3 = 21.21 \text{ mm}$ である。また、レーザ光の進行方向と垂直な方向（紙面縦方向）の導光体 2 5 の長さ C は各領域の長さ 2 2 a ~ 2 2 d の長さ以上である必要があり、例えば、 $30 \sim 35 \text{ mm}$ 程度である。各領域 2 2 a ~ 2 2 d の長さは 30 mm である。

40

【 0 0 6 1 】

また、図 4 (c) に示すように第二面 2 2 には、ピッチ $141 \mu\text{m}$ 、レーザ光の進行方向の長さ $10 \mu\text{m} \times$ レーザ光の進行方向に垂直な方向の長さ 30 mm の微細な光出射部 2 5 が設けられており、 $10 \mu\text{m} \times 30 \text{ mm}$ の微細なストライプ状スリットとなっている。ま

50

た、各領域 22a～22d 内に形成される光出射部 25 は、レーザ光束が既に出射された部分が光出射部 25 に入射されないように、各領域毎に $20\mu\text{m}$ ずつずらした位置に配置されている。これによって、被照射物 11 の被照射面には、ピッチ $100\mu\text{m}$ 、紙面横方向の長さ $10\mu\text{m}$ 、紙面奥行き方向の長さ 30mm のストライプ状のパターンでレーザ光が照射され、各領域毎のパターンのずれは、 $10\mu\text{m}$ となる。

【0062】

下記表 1 に、実施形態 1 のレーザ照射装置 100 および比較例 1 のレーザ照射装置について、レーザ光の照射領域面積および光利用効率を示す。

【0063】

【表 1】

10

	照射領域面積 (cm^2)	光利用効率 (%)
実施形態 1	$24(=8\text{cm} \times 3\text{cm})$	40
比較例 1	$6(=2\text{cm} \times 3\text{cm})$	10

上記表 1 に示す比較例 1 のレーザ照射装置は、図 1 に示すレーザ照射装置 100 から導光 20 体 5 を除いた構成とし、被照射面にレーザ照射装置 100 と同等のストライプ状パターンでレーザ光が照射されるように、被照射物 11 上に所定のマスクパターンを形成したマスクを密着させてレーザ照射を行った。また、上記表 1 において、照射領域面積は、被照射面における最大有効領域の面積であり、光利用効率は、(上記ストライプ状パターンの総面積/レーザ光の面積) $\times 100$ で計算される値である。

【0064】

上記表 1 に示すように、本実施形態 1 のレーザ照射装置 100 は、比較例 1 のレーザ照射装置と比べて、照射領域面積および光利用効率が共に 4 倍になり、レーザ加工などの処理時間が大幅に短縮される。なお、本実施形態においては、アパーチャー 8 による損失は考慮していない。

30

【0065】

(実施形態 2)

図 5 は、実施形態 2 のレーザ照射装置 200 の構成を模式的に示す断面図である。

【0066】

このレーザ照射装置 200 は、レーザ光源 1、複数の反射ミラー 2、可変減衰器 3、ビーム整形素子 4、放射照度分布変換素子 33 および導光体 5 を有している。

【0067】

レーザ発振器から出射されるレーザ光束は、通常、ガウシアン型の放射照度プロファイル 40 を有しており、図 1 に示す実施形態 1 のレーザ照射装置 100 において、被照射物 11 上に照射されるレーザ光は、これに対応した放射照度分布を有する。従って、高精度の加工、表面改質等を行う場合には、レーザ光の照射ムラによる悪影響が生じる。

【0068】

この問題を解決するために、本実施形態 2 では、均一化光学素子として、レーザ光源 1 から出射されたガウシアン型の放射照度プロファイル 40 を有するレーザ光を、フラットトップ型の放射照度プロファイル 40 を有するレーザ光に変換するための放射照度分布変換素子 33 を用いている。

【0069】

レーザ照射装置 200 において、レーザ光源 (レーザ発振器) 1 から出射されたレーザ光は、第 1 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90° 変更され、可変減衰器 3 によって放射照度が調整された後、エキスパンダ等のビーム整形素子 4 によって適切なビームサイズに 50

変換される。その後、放射照度分布変換素子 3 3 によって放射照度分布が変換されると共に進行方向が 90 度変更され、第 2 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更された後、導光体 5 によって照射領域が広げられて被照射物 1 1 に照射されるようになっている。

【 0 0 7 0 】

図 6 (a) ~ 図 6 (c) は、本実施形態のレーザ照射装置に用いられる放射照度分布変換素子の例を示す断面図である。

【 0 0 7 1 】

以下に、放射照度分布変換素子の基本的な原理について、図 6 (a) に示す放射照度分布変換素子を用いて説明する。

10

【 0 0 7 2 】

図 6 (a) に示す放射照度分布変換素子 1 3 3 は、非球面レンズ 3 1 a および 3 1 b を組み合わせて構成されている。レーザ発振器から出射したレーザ光束は、通常、ガウシアン型の放射照度分布を有しており、中央部は放射照度が高く、周辺部では放射照度が低いため、放射照度分布を均一化するためには、中央部の放射照度を低減させ、周辺部の放射照度を増大させる必要がある。従って、この放射照度分布変換素子では、2 枚の非球面レンズ 3 1 a および 3 1 b によって、中央部の光を発散し、周辺部の光を収束し、かつ、コリメートするようになっている。図 6 (b) および図 6 (c) に示す放射照度分布変換素子についても、同様の原理により放射照度分布を変換している。

【 0 0 7 3 】

図 6 (b) に示す放射照度分布変換素子 2 3 3 は、1 枚のレンズ 3 2 からなり、このレンズ 3 2 によって、図 6 (a) に示す 2 枚の非球面レンズ 3 1 a および 3 1 b と同様に、中央部の光が発散され、周辺部の光が収束され、かつ、コリメートされる。

20

【 0 0 7 4 】

また、図 6 (c) に示す放射照度分布変換素子 3 3 は、あらかじめ定められた反射面形状を自由に変化させることができる、いわゆるデフォーダブル・ミラーを用いている。この放射照度分布変換素子 3 3 は、薄膜ミラー 3 3 a が多数のアクチュエータ 3 3 b によって支持されており、このアクチュエータ 3 3 b によって、薄膜ミラー 3 3 a が変形されるようになっている。その他にも、回折格子を用いた放射照度分布変換素子、および透過率分布型フィルターを用いた放射照度分布変換素子などを用いることが可能である。

30

【 0 0 7 5 】

このような放射照度分布変換素子を、レーザ光源 1 と導光体 5 との間に配置することによって、レーザ光の放射照度分布の均一化を図ることが可能になる。

【 0 0 7 6 】

本実施形態においては、図 5 に示すように、ビーム整形素子 4 と導光体 5 との間にデフォーダブル・ミラーを用いた放射照度分布変換素子 3 3 を配置している。これによって、レーザ光の放射照度分布の均一化を図るとともに、円形形状のレーザビームを矩形形状に変換することも可能である。また、本実施形態 2 において、導光体 5 としては、実施形態 1 と同様の構成のものを用いている。

【 0 0 7 7 】

下記表 2 に、実施形態 2 のレーザ照射装置 2 0 0 および比較例 1 のレーザ照射装置について、レーザ光の照射領域面積および光利用効率を示す。

40

【 0 0 7 8 】

【表 2】

	照射領域面積 (cm^2)	光利用効率 (%)	放射照度分布 (%)
実施形態 2	24	40	± 10
比較例 1	6	10	± 20

上記表 2 に示す比較例 1 のレーザ照射装置は、上記表 1 に示す比較例 1 のレーザ照射装置 10 と同様である。また、照射領域面積および光利用効率は、上記表 1 と同様に定義し、放射照度分布は、平均放射照度に対する放射照度の最大値と最小値との比によって定義した。

【 0 0 7 9 】

上記表 2 に示すように、本実施形態 2 のレーザ照射装置 2 0 0 は、比較例 1 のレーザ照射装置と比べて、照射領域面積および光利用効率が共に 4 倍になり、かつ、被照射面における放射照度分布も従来の $1/2$ と改善されており、レーザ加工などの処理時間が大幅に短縮されると共に、加工品質を向上することが可能になる。

【 0 0 8 0 】

(実施形態 3)

図 7 は、実施形態 3 のレーザ照射装置 3 0 0 の構成を模式的に示す断面図である。

20

【 0 0 8 1 】

このレーザ照射装置 3 0 0 は、レーザ光源 1、複数の反射ミラー 2、可変減衰器 3、ビーム整形素子 4、アパーチャ 8、導光体 5、マスク 6 および対物レンズ 7 を有している。

【 0 0 8 2 】

本実施形態 3 においては、導光体 5 から出射されたレーザ光をマスク 6 に照射し、マスク 6 に予め設けられたマスクパターンの像を対物レンズ 7 によって被照射物 1 1 上に結像させる、いわゆるマスクイメージング法を用いている。その他の構成は、図 1 に示す実施形態 1 のレーザ照射装置 1 0 0 と同様である。

【 0 0 8 3 】

レーザ照射装置 3 0 0 において、レーザ光源 (レーザ発振器) 1 から出射されたレーザ光 30 は、第 1 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、可変減衰器 3 によって放射照度が調整された後、エキスパンダ等のビーム整形素子 4 によって適切なビームサイズに変換される。次に、第 2 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、アパーチャ 8 によって円形形状のビームが矩形形状に変換され、導光体 5 によって照射領域が広げられてマスク 6 に照射される。マスクパターンの光透過部を透過したレーザ光は、第 3 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90 度変更され、対物レンズ 7 によって被照射物 1 1 に所定の倍率 (本実施形態では倍率 $1/4$) で結像されるようになっている。

【 0 0 8 4 】

図 8 (a) は、本実施形態のレーザ照射装置における導光体とマスクとの関係を説明するための断面図であり、図 8 (b) は、図 8 (a) に○で示す部分の拡大図であり、図 8 (c) は、本実施形態のマスク 6 の構成を示す平面図であり、図 8 (d) は、図 8 (c) の拡大図である。

【 0 0 8 5 】

図 8 (a) および図 8 (b) に示すように、導光体 5 の個々の光出射部から出射されたレーザ光 2 5 a は、個々のマスクパターンの光透過部 2 6 に照射されるようになっている。

【 0 0 8 6 】

このとき、レーザ光 2 5 a の照射領域は、マスクパターンの光透過部 2 6 に対して、寸法上の余裕が必要である。本実施形態 3 において、導光体 5 は、実施形態 1 と同様の構成であり、図 4 (b) および図 4 (c) に示すように、導光体 5 の光出射部 2 5 は $10\mu\text{m}$ 幅 \times 30mm 長のストライプ状スリットになっている。

これに対して、マスク 6 は、図 8 (c) および図 8 (d) に示すように、個々のマスクパターンの光透過部 26 が $8\mu\text{m}$ 幅 \times 28mm 長のストライプ状スリットになっている。光透過部 26 は、導光体 5 の光出射部 25 の領域 22a ~ 22d に対応して、複数の領域に分割されており、各領域毎に $20\mu\text{m}$ ずつずらした位置に配置されている。

【0087】

これによって、導光体 5 の光出射部 25 から出射されたレーザ光は、マスク 6 に照射されて光透過部 26 を通り、被照射物 11 に有効に照射される。

【0088】

下記表 3 に、実施形態 3 のレーザ照射装置 300 および比較例 2 のレーザ照射装置について、レーザ光の照射領域面積および光利用効率を示す。

10

【0089】

【表 3】

	照射領域面積 (cm^2)	光利用効率 (%)
実施形態 3	20.16(=7.2cm \times 2.8cm)	32
比較例 2	5.04(=1.8cm \times 2.8cm)	8

20

上記表 3 に示す比較例 2 のレーザ照射装置は、図 11 に示す従来のレーザ照射装置 500 から均一照明素子 9 を除いた構成とした。また、照射領域面積および光利用効率は、上記表 1 と同様に定義した。

【0090】

上記表 3 に示すように、本実施形態 3 のレーザ照射装置 300 は、比較例 2 のレーザ照射装置と比べて、照射領域面積および光利用効率が共に 4 倍になり、レーザ加工などの処理時間が大幅に短縮される。なお、本実施形態においては、アパーチャー 8 による損失は考慮していない。

【0091】

30

(実施形態 4)

図 9 は、実施形態 4 のレーザ照射装置 400 の構成を模式的に示す断面図である。

【0092】

このレーザ照射装置 400 は、レーザ光源 1、複数の反射ミラー 2、可変減衰器 3、ビーム整形素子 4、放射照度分布変換素子 33、導光体 5、マスク 6 および対物レンズ 7 を有している。

【0093】

本実施形態 4 では、実施形態 2 と同様に、均一化光学素子として、レーザ光源 1 から出射されたガウシアン型の放射照度プロファイルを有するレーザ光を、フラットトップ型の放射照度プロファイルを有するレーザ光に変換するための放射照度分布変換素子 33 を用いている。また、実施形態 3 と同様に、導光体 5 から出射されたレーザ光をマスク 6 に照射し、マスク 6 に予め設けられたマスクパターンの像を対物レンズ 7 によって被照射物 11 上に結像させる、いわゆるマスクイメージング法を用いている。また、本実施形態 4 において、導光体 5 としては、実施形態 1 と同様の構成のものを用い。マスク 6 としては、実施形態 3 と同様の構成のものを用いている。

【0094】

レーザ照射装置 400 において、レーザ光源 (レーザ発振器) 1 から出射されたレーザ光は、第 1 の反射ミラー 2 によって進行方向が 90° 変更され、可変減衰器 3 によって放射照度が調整された後、エキスパンダ等のビーム整形素子 4 によって適切なビームサイズに変換される。その後、放射照度分布変換素子 33 によって放射照度分布が変換されると共

50

に進行方向が90度変更され、導光体5によって照射領域が広げられてマスク6に照射される。マスクパターンの光透過部を透過したレーザー光は、第2の反射ミラー2によって進行方向が90度変更され、対物レンズ7によって被照射物11に所定の倍率（本実施形態では倍率1/4）で結像されるようになっている。

【0095】

下記表4に、実施形態4のレーザー照射装置400、比較例2のレーザー照射装置および比較例3のレーザー照射装置について、レーザー光の照射領域面積、光利用効率および放射照度分布を示す。

【0096】

【表4】

10

	照射領域面積 (cm^2)	光利用効率 (%)	放射照度分布 (%)
実施形態4	20.16	32	± 10
比較例2	5.04	8	± 20
比較例3	5.04	8	± 10

20

上記表4に示す比較例2のレーザー照射装置は、上記表3に示す比較例2のレーザー照射装置と同様である。また、上記表4に示す比較例3のレーザー照射装置は、図11に示す従来のレーザー照射装置500を用いた。また、照射領域面積、光利用効率および放射照度分布は、上記表2と同様に定義した。

【0097】

上記表4に示すように、本実施形態4のレーザー照射装置400は、比較例2のレーザー照射装置と比べて、照射領域面積および光利用効率が共に4倍になり、かつ、被照射面における放射照度分布も従来の1/2と改善されており、レーザー加工などの処理時間が大幅に短縮されると共に、加工品質を向上することが可能になる。また、本実施形態4のレーザー照射装置400は、比較例3のレーザー照射装置と比べて、照射領域面積および光利用効率が共に4倍になり、レーザー加工などの処理時間が大幅に短縮される。

30

【0098】

なお、上記実施形態では、ストライプ状スリット形状のレーザー光を被照射物11に照射するために、導光体に形成する微細な光出射部25を矩形状としているが、光出射部25の形状は、これに限られず、被照射物11に応じて適宜設定することが可能である。

【0099】

図10(a)および図10(b)は、本発明のレーザー照射装置の導光体における光出射部の例を示す斜視図である。

40

【0100】

図10(a)に示す導光体5aは、第二面22に円形の光出射部25bが設けられており、例えば、被照射物11に丸穴を加工する場合に用いられる。また、図10(b)に示す導光体5bは、第二面22に文字「A」形状に光出射部25cが設けられており、例えば、被照射物11にマーキングを行う場合に用いられる。

【0101】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、レーザー光を被照射物に照射するレーザー照射装置において、光出射部を設けた導光体を介して被照射物にレーザー光を照射することによって、レーザー光の照射領域面積および光利用効率を向上することができるので、レーザー光による

50

処理（加工、表面改質など）の処理時間を短縮して効率を向上することが可能になる。

【 0 1 0 2 】

また、マスクイメージング法を用いたレーザ照射装置において、レーザ光源とマスクとの間に導光体を配置して、光出射部のそれぞれから外部に出射されたレーザ光を、異なるパターンに照射することによって、レーザ光の照射領域面積および光利用効率を向上することができるので、レーザ光による処理（加工、表面改質など）の処理時間を短縮して効率を向上することが可能になる。

【 0 1 0 3 】

さらに、レーザ光源と導光体との間に、レーザ光のコヒーレンシーを維持したまま、レーザ光の不均一な放射照度分布を均一化するための均一化光学素子を配置することによって、被照射物に照射されるレーザ光の放射照度分布を均一化して、高精度な加工および均質な表面改質などを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施形態 1 のレーザ照射装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 2】（a）は、本実施形態のレーザ照射装置における導光体の構成を示す斜視図であり、（b）はその断面図である。

【図 3】（a）は、導光体に入射されるレーザ光と導光体を構成する面との角度関係、および導光体の内部を進行するレーザ光の進行状態を説明するための断面図であり、（b）は、（a）の○で囲んだ部分を示す拡大図であり、（c）は、（b）の○で囲んだ部分を示す拡大図である。

【図 4】（a）は、本実施形態の導光体の構成を示す断面図であり、（b）は、その第二面の構成を示す平面図であり、（c）は、（b）の拡大図である。

【図 5】実施形態 2 のレーザ照射装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 6】（a）～（c）は、本実施形態のレーザ照射装置に用いられる放射照度分布変換素子の例を示す断面図である。

【図 7】実施形態 3 のレーザ照射装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 8】（a）は、本実施形態のレーザ照射装置における導光体とマスクとの関係を説明するための断面図であり、（b）は、（a）に○で示す部分の拡大図であり、（c）は、本実施形態のマスクの構成を示す平面図であり、（d）は、（c）の拡大図である。

【図 9】実施形態 4 のレーザ照射装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 10】（a）および（b）は、本発明のレーザ照射装置の導光体における光出射部の例を示す斜視図である。

【図 11】従来のレーザ照射装置の構成を模式的に示す断面図である。

【図 12】従来のレーザ照射装置に用いられる均一照明素子の例を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 レーザ光源
- 2 反射ミラー
- 3 可変減衰器
- 4 ビーム整形素子
- 5、5 a、5 b 導光体
- 6 マスク
- 6 d マスクの有効領域
- 7 対物レンズ
- 8 アパーチャー
- 9 均一照明素子
- 9 a、9 b レンズアレイ
- 9 c レンズ
- 10 フィールドレンズ
- 11 被照射物
- 21 第一面

10

20

30

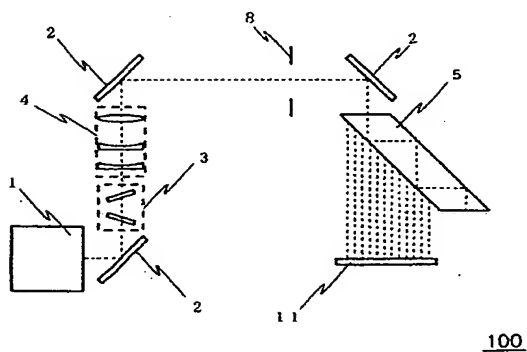
40

50

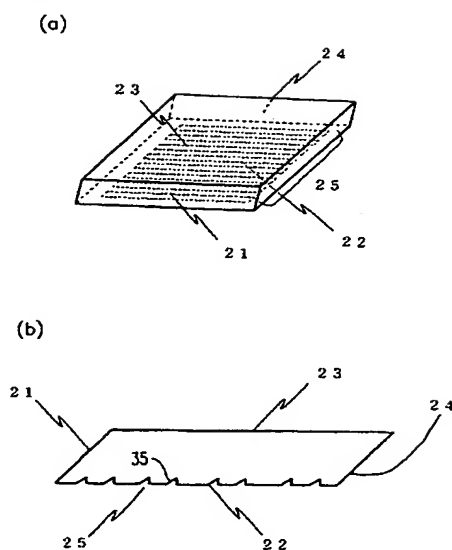
- 2 2 第二面
- 2 2 a ~ 2 2 d 第二面の分割領域
- 2 3 第三面
- 2 4 第四面
- 2 5、2 5 b、2 5 c 光出射部
- 2 5 a 光出射部から出射されたレーザ光
- 2 6 マスクの光透過部
- 3 1 a、3 1 b 非球面レンズ
- 3 2 レンズ
- 3 3、1 3 3、2 3 3 放射照度分布変換素子
- 3 3 a 薄膜ミラー
- 3 3 b アクチュエーター
- 3 5 光出射面
- 1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0、5 0 0 レーザ照射装置

10

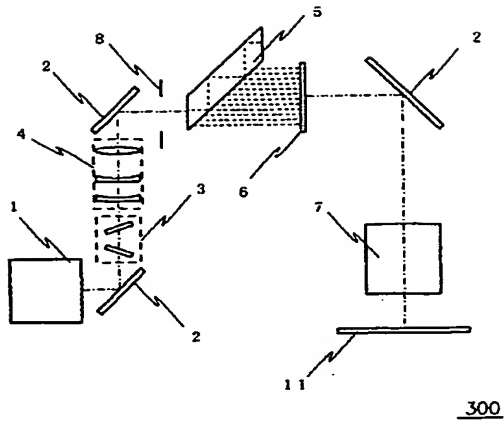
【図 1】



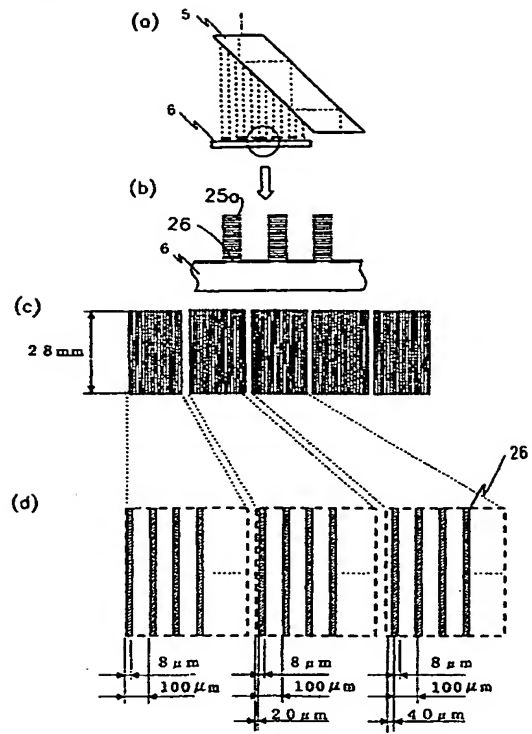
【図 2】



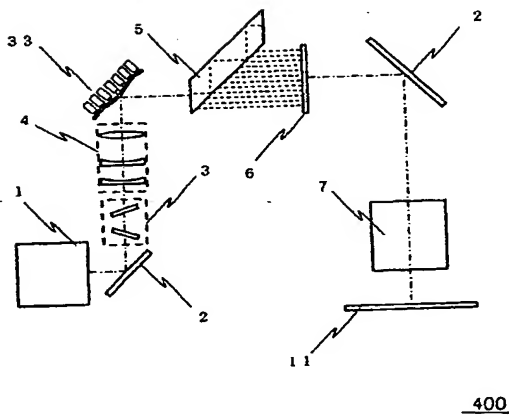
【 図 7 】



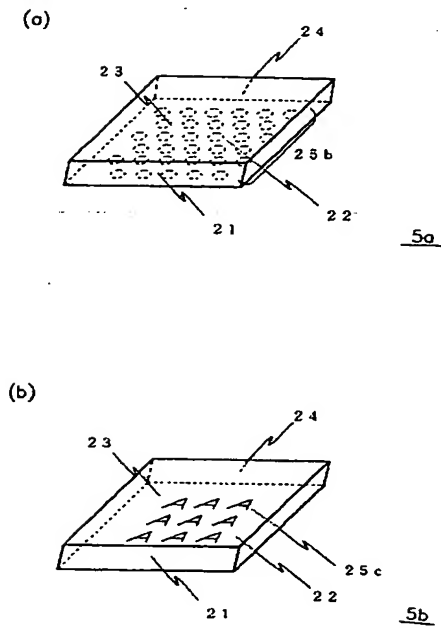
【 図 8 】



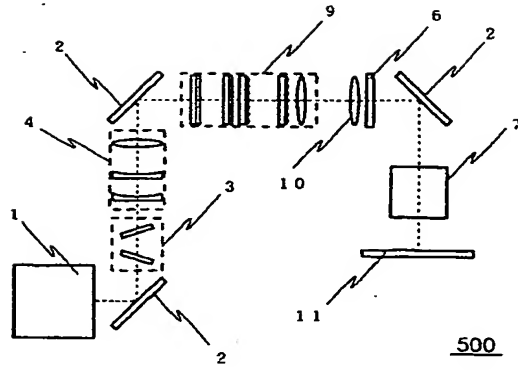
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

